



Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Grundlagen 1.7	25.02.2024

Inhaltsverzeichnis:

1.7	Condition Monitoring	2
1.7.1	Instandhaltungsstrategien (IH-Strategien).....	2
1.7.1.1	Schadenabhängige IH/ Ausfall-IH.....	2
1.7.1.2	Vorbeugende IH / Vorausbestimmte IH	3
1.7.1.3	Vorausschauende IH/ Zustandsorientierte IH.....	3
1.7.1.4	Risikobasierte IH (RBI) / Risk based Maintenance (RBM).....	3
1.7.2	Was ist Condition Monitoring?	5
1.7.3	Welche Vorteile entstehen durch die Zustandsüberwachung?	6
	Genauere Fehleridentifikation	6
	Möglichkeit des präventiven Eingreifens.....	6
	Optimierung der Wartungsintervalle.....	6
	Mehr Sicherheit	7
1.7.4	Was sollen CMS leisten?.....	7
1.7.4.1	Wälzlagerdiagnose.....	8
1.7.4.2	Condition Monitoring in Bestandsanlagen.....	10
1.7.5	Formen von Schwingungssensoren (Beschleunigungssensoren).....	12
1.7.5.1	Piezoresistiver Beschleunigungssensor	13
1.7.5.2	Piezoelektrischer Beschleunigungssensor	14
1.7.5.3	Hall Effekt Beschleunigungssensor	15
1.7.5.4	Kapazitive Beschleunigungssensoren	17
1.7.5.5	Wirbelstromsensoren/ induktive Sensoren.....	18
1.7.6	Randbedingungen für die Auswahl von Beschleunigungssensoren.....	20



Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Grundlagen 1.7	25.02.2024

1.7 Condition Monitoring

1.7.1 Instandhaltungsstrategien (IH-Strategien)

Ereignisorientiert	Vorbeugend	Zustandsorientiert	Prioritätenorientiert
<ul style="list-style-type: none">• Warten bis zum Ausfall / Schadenereignis	<ul style="list-style-type: none">• Regelmässige Wartung z.B. nach Wartungsplan/QS-Handbuch in festgelegten Zeitabständen	<ul style="list-style-type: none">• Auswertung von Betriebsstunden- und Schaltspielzähler• Analyse von Alarmlisten und Logfiles• Lebensdauer der Komponenten	<ul style="list-style-type: none">• Risikoanalyse der Betriebssicherheit: Wo sind die grössten Risiken für Ausfälle von wichtigen Anlagenteilen z.B. mit FMEA Methode
Nachteile: <ul style="list-style-type: none">• Längere Betriebsausfälle• Reparatur muss sofort ausgeführt werden, evtl. nur temporäre Lösung• Grosses Ersatzteillager erforderlich	Vorteile: <ul style="list-style-type: none">• Höhere Betriebssicherheit• Weniger Ausfälle Nachteile: <ul style="list-style-type: none">• Evtl. höhere Kosten	Vorteile: <ul style="list-style-type: none">• Unterhaltskostenoptimierung• Prävention vor Ausfällen	Vorteile: <ul style="list-style-type: none">• Investitionen werden am richtigen Ort getätigt• Versorgungssicherheit der wichtigsten/meisten Kunden

IH-Strategien nach DIN

1.7.1.1 Schadenabhängige IH/ Ausfall-IH

Der Name dieser Instandhaltungsmethode gibt schon einen Hinweis auf die Art und Weise, die sich dahinter verbirgt. Im Wesentlichen werden die Anlagen und Maschinen auf absoluten Verschleiß gefahren und man reagiert erst dann, wenn das Ereignis/ der Schaden eingetreten ist.



Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Grundlagen 1.7	25.02.2024

1.7.1.2 Vorbeugende IH / Vorausbestimmte IH

Das Wesen dieser Methoden ist die regelmäßige Prüfung/ Wartung nach den in den Wartungsplänen vorher definierten Zeitintervallen, unabhängig davon ob eine Notwendigkeit besteht. „Nach einem Jahr wird das Öl gewechselt, egal wieviel Kilometer oder Betriebsstunden der Motor auf dem Puckel hat.“

1.7.1.3 Vorausschauende IH/ Zustandsorientierte IH

Durch verschiedene Methoden, wie zum Beispiel die Auswertung von Betriebsstundenzählern, durch Ölanalyse oder Schwingungsanalysen, versucht man den Zeitpunkt einer notwendigen Instandhaltung so genau wie möglich vorherzubestimmen.

Die zuvor genannten Beispiele sind u.U. manuelle Methoden, die den Einsatz eines Wartungswerker oder eines Schwingungsfachmanns zur Folge haben. Das Condition Monitoring fällt in die Kategorie vorausschauende Instandhaltung und versucht hierzu unter Zuhilfenahme verschiedenster Sensoren unterschiedliche Werte wie Vibration, Temperatur und Feuchte oder, per Ultraschall, den Füllstand. automatisierte Lösungen abzubilden.

1.7.1.4 Risikobasierte IH (RBI) / Risk based Maintenance (RBM)

(Quelle WEKA)

Die Begriffe unterscheiden sich inhaltlich aber nur geringfügig und verfolgen im Prinzip den gleichen Ansatz: die Auftretenswahrscheinlichkeit sowie die Folgen eines möglichen Schadens zu kalkulieren und daraus eine sogenannte Risikogruppe zu ermitteln. Diese wiederum bildet die Grundlage zur Festlegung entsprechender Instandhaltungsmaßnahmen. Man bezeichnet diese IH-Methode auch als prioritätenorientiert



Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Grundlagen 1.7	25.02.2024

Die Vorteile von Risk Based Maintenance

Neben der **Erhöhung der Anlagenverfügbarkeit** und dem **Vermeiden von kritischen Anlagenausfällen** sowie deren Folgen werden als Vorteile der Strategie gegenüber anderen Instandhaltungsansätzen vor allem folgende Punkte angeführt:

- analytische Betrachtung der Schadenswahrscheinlichkeit und Schadensfolgen unter Beachtung der Instandhaltungskosten
- Ableitungen einer systematischen Instandhaltung
- Aktion statt Reaktion
- Identifizierung der kritischen Anlagenkomponenten
- Erwerb eines interdisziplinären Verständnisses für den Gesamtprozess
- Entwicklung eines transparenten Zusammenhangs zwischen Prozessdaten und Schädigungsmechanismen
- Erhöhung der Anlagenverfügbarkeit
- Hoher Analyseaufwand als Nachteil

Als Nachteil ist sicher der recht hohe Aufwand zur Analyse zu nennen. Weiterhin wird der RBM-Prozess nur so gut sein, wie die Beteiligten der jeweiligen Aufgabenstellung intensiv und engagiert folgen. Das Verfahren ist damit keinesfalls frei von Fehlern und Unwägbarkeiten, auch wenn es die rationale Risikobewertung so scheinen lässt.



Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Grundlagen 1.7	25.02.2024



1.7.2 Was ist Condition Monitoring?

Beim Condition Monitoring geht es darum, den technischen Zustand einer Maschine kontinuierlich zu überwachen. Es werden ununterbrochen Daten gewonnen, gesammelt übertragen, ausgewertet und verglichen. Dazu werden physikalische Größen, beispielsweise Temperaturen, Geschwindigkeiten, Druck, Füllstände oder Schwingungen, gemessen und die so ermittelten Werte analysiert.

Das Condition Monitoring hilft quasi dabei, die Maschinen besser zu verstehen, Veränderungen, wie zum Beispiel fortschreitende Abnutzungserscheinungen an einzelnen Komponenten, schneller zu bemerken und die Maschinenwartung besser koordinieren zu können. Mit dem Verfahren soll sich sowohl die Maschineneffizienz, als auch die Sicherheit erhöhen.

Condition Monitoring kann überall dort zum Einsatz kommen, wo es Sinn ergibt, Maschinenzustände zu überwachen und ist somit eigentlich für die komplette Industrie von Relevanz. Das Einsatzgebiet ist riesig, sodass ein großes Interesse an der Herstellung und Optimierung intelligenter Condition Monitoring Systeme, kurz CMS, besteht.



Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Grundlagen 1.7	25.02.2024

1.7.3 Welche Vorteile entstehen durch die Zustandsüberwachung?

Genauere Fehleridentifikation

Fällt eine Maschine aus oder funktioniert nicht wie erwartet, kann die Fehlersuche oft sehr viel Zeit in Anspruch nehmen. Condition Monitoring hilft dabei, Fehler quasi vom Schreibtisch aus genau zu identifizieren. So kann direkt das Technikerteam mit der Reparatur beauftragt werden, das für die jeweilige Art von Problem zuständig ist.

Möglichkeit des präventiven Eingreifens

Ohne Zustandsüberwachung fallen Fehlverhalten einzelner Komponenten oftmals erst dann auf, wenn die Funktionsfähigkeit der Maschine bereits eingeschränkt ist. Condition Monitoring ermöglicht ein präventives Eingreifen. Fehler werden schnellstmöglich erkannt, sodass die Chancen höher sind, diese beheben zu können, bevor sie zu größeren Ausfällen führen.

Optimierung der Wartungsintervalle

Werden Maschinen in festen regelmäßigen Abständen inspiziert, kommt es zwangsläufig dazu, dass Inspektionen stattfinden, die noch gar nicht nötig gewesen wären, während sie an anderer Stelle vielleicht schon früher dringend ratsam gewesen wären, aber nicht stattfanden. Die Langzeitüberwachung liefert Erkenntnisse, die dabei helfen, Wartungsintervalle zu optimieren und den Gesamtzustand einer Produktionsanlage langfristig deutlich zu verbessern.



Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Grundlagen 1.7	25.02.2024

Minimierung der Stillstandszeiten

Wenn eine Maschine aufgrund technischer Probleme stillsteht, stellt dies für den Unternehmer stets einen ärgerlichen Verlust dar. Unter Umständen wird der gesamte Betriebsablauf gestört, Produktionen geraten ins Stoppen und der Ausfall einer Maschine genügt, um mehrere Bereiche lahmzulegen. Daher hat die Minimierung von Stillstandszeiten oberste Priorität. Durch die schnelle Fehleridentifikation, präventive Eingriffe an sinnvollen Stellen und besser abgestimmte Wartungsintervalle können die Stillstandszeiten, wie die Erfahrungen mancher Unternehmen zeigen, halbiert werden.

Mehr Sicherheit

Nicht in Zeiten und Verlustbeträgen messbar, aber dennoch von großer Bedeutung, ist die Sicherheit der Mitarbeiter. Der Umgang mit Maschinen wird sicherer, wenn diese ideal gewartet und deren reibungslose Abläufe laufend überprüft werden.

1.7.4 Was sollen CMS leisten?

Letztendlich geht es nicht nur um ein bloßes Aufzeichnen und Übertragen der Zustände. Durch vordefinierte Warnregeln werden Abweichungen, die beispielsweise auf einen wachsenden Verschleiß hindeuten, sofort erkannt, sodass das entsprechende Teil nachbestellt werden und die Reparatur erfolgen kann, noch bevor es überhaupt zu Störungen kommt. Je nach Software können sämtliche Daten auf unterschiedliche Arten visualisiert und nachvollziehbar gemacht werden.

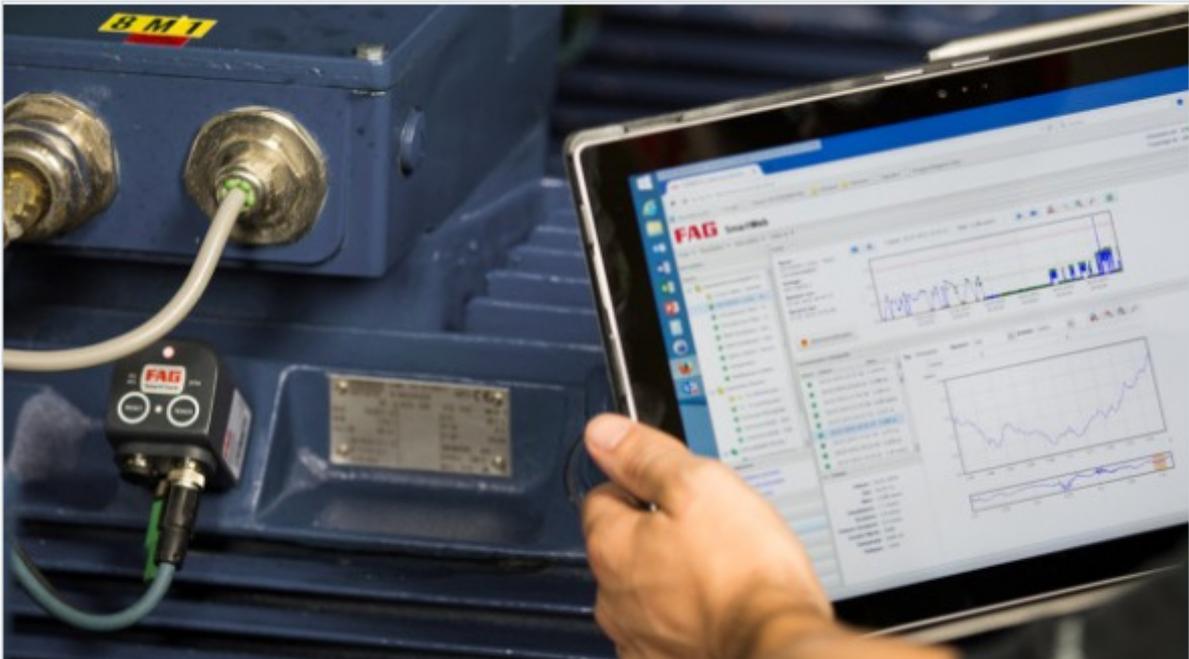
Innerhalb von Trendanalysen können zudem die Abhängigkeiten unter Daten aufgezeigt und bewertet werden. Moderne CMS ermöglichen also sowohl einen stets aktuellen Überblick über die Zustände der Produktionsanlagen, als auch den Gewinn von Erkenntnissen aus langfristigen Beobachtungen.



Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Grundlagen 1.7	25.02.2024

1.7.4.1 Wälzlagerdiagnose

SCHAEFFLER



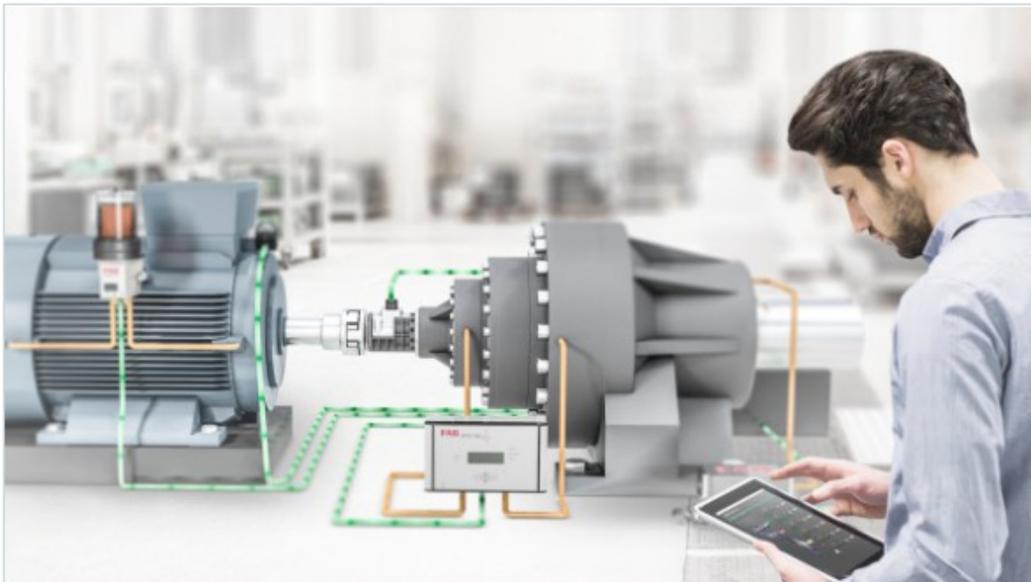
Mit der neuen Generation des Diagnosesystems FAG SmartCheck geht Schaeffler jetzt einen Schritt weiter. Das System erkennt nicht nur drohende Lagerschäden, Verschleiß und Auffälligkeiten wie Unwuchten und Ausrichtfehler anhand von Veränderungen in den Schwingungsmustern, sondern ist auch an eine Cloud angebunden. Aus den übermittelten Rohdaten des FAG SmartCheck und weiteren Daten, beispielsweise aus der Maschinensteuerung, erstellt das System in der Cloud eine automatisierte Diagnose.



Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Grundlagen 1.7	25.02.2024



Das Schaeffler-Berechnungstool BEARINX nutzt die Daten in der Cloud und errechnet die nominelle Lebensdauer der einzelnen Lager. Basis für die Berechnung sind Lasten wie etwa Drehzahlen, Drehmomente, Temperaturen und Schwingungen.



Die Daten in der Cloud können für weitere Berechnungen genutzt werden – etwa für Simulationen von Antriebsstrang und Wälzlagern hinsichtlich ihrer statischen und dynamischen Festigkeit.



Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Grundlagen 1.7	25.02.2024



1.7.4.2 Condition Monitoring in Bestandsanlagen

Wie ist es um die Motoren Ihrer Hydraulikpumpen bestellt? Muss Kühlschmiermittel an einer CNC-Maschine nachgefüllt werden? Und liegt die Temperatur des Lagerraums im Soll-Wert? An diese Informationen gelangen Sie nun jederzeit, wo immer Sie möchten. Die leistungsstarke Technik dahinter ist schnell und komfortabel nachgerüstet – völlig unabhängig vom Betrieb Ihrer Anlage.

Wegbereiter für Predictive Maintenance

Anstatt nachträglich auf einen Ausfall zu reagieren oder Komponenten turnusmäßig zu warten, können Instandhalter nun permanent Informationen über den Gesundheitszustand von Maschinen abfragen. Mit effektivem Monitoring schaffen Sie so die Voraussetzungen für Predictive Maintenance. Aus Echtzeit-Überwachung wird proaktives Instandhalten.

Stand-alone-System spart Ressourcen

Bei der Retrofit-Lösung von Turck ist es unerheblich, dass Ihre Industrieanlage womöglich noch keine Voraussetzungen für ein sensorgestütztes Condition Monitoring bietet! Zentral ist das unkomplizierte Montieren und Einrichten der Geräte. Dabei können Sie die Zustandsüberwachung in einem unabhängigen System vornehmen und Daten auf Wunsch auch drahtlos über ein proprietäres Funknetz versenden.

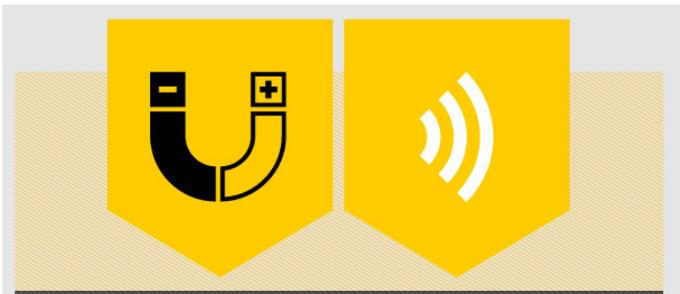
Wie können diese Zustandsdaten genutzt werden?

Die kurze Antwort: enorm vielseitig. Schwellwerte mit einer Signalleuchte koppeln, gesammelte Maschinendaten auf einem zentralen HMI oder in der Cloud anzeigen, automatisch via SMS über Unregelmäßigkeiten informiert werden oder Werte in die unternehmenseigene Automatisierungswelt übertragen.



Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Grundlagen 1.7	25.02.2024

Flexible Erweiterung im Brownfield Bereich



Schnell nachgerüstet

Wireless-Sensoren lassen sich im Feld einfach per Magnet montieren. Bei Bedarf können Anwender zudem die Geräte des DX80-Funksystems über Batterien betreiben. Damit wird zum einen der Zeitaufwand für die Installation reduziert. Zum anderen können Sie die Sensoren und Sendemodule auch in schwer erreichbaren Bereichen in Betrieb nehmen.



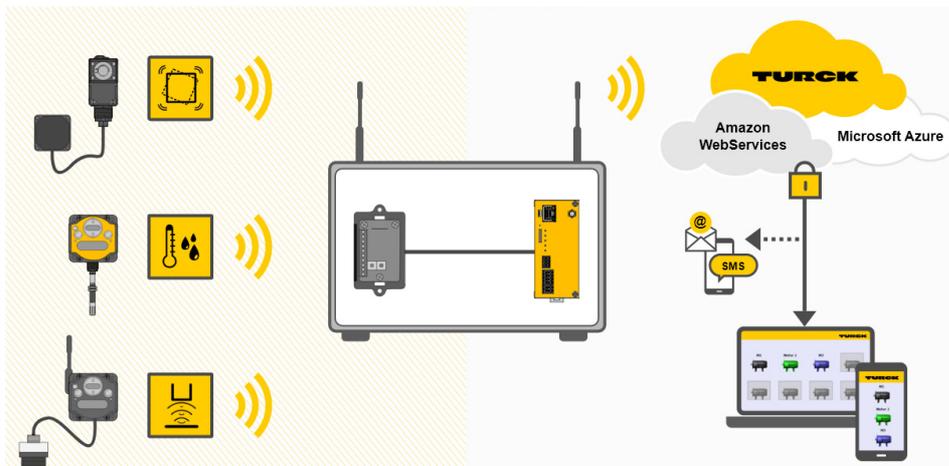
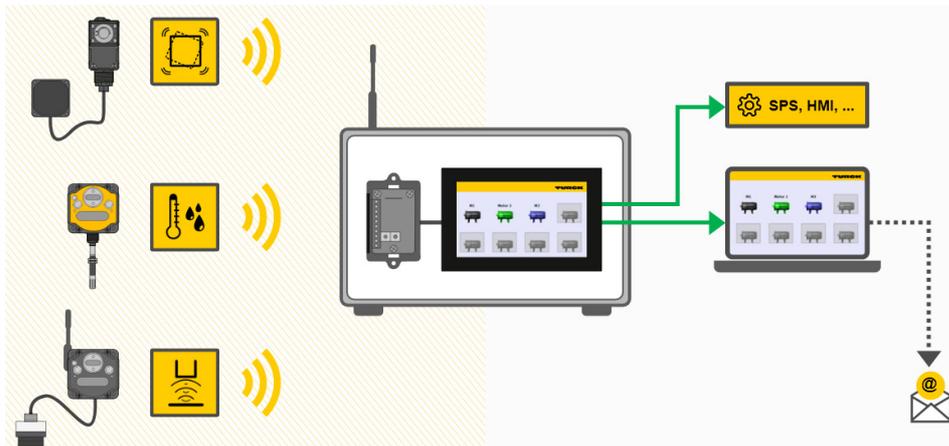
Autarke Systeme

Nachrüsten, ohne in laufende Prozesse einzugreifen: Das Condition-Monitoring-System aus Sensorik, Funkübertragung und Datenauswertung ist autark und hat keinerlei Wechselwirkungen mit dem Betrieb Ihrer Anlage. Bei Bedarf können Sie die Werte aber ebenso in Ihre eigene Automatisierungsumgebung übertragen und dort anzeigen.



Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BE11)	Grundlagen 1.7	25.02.2024

Vom Sensorsignal zur abgestimmten Instandhaltung



1.7.5 Formen von Schwingungssensoren (Beschleunigungssensoren)

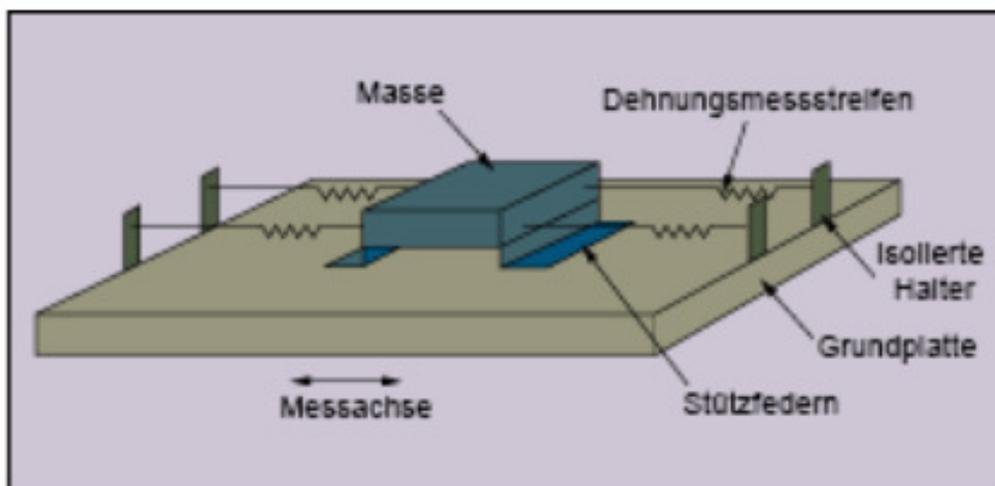
Jede Schwingung einer Maschine bedeutet auch das Auslenken von Massen in verschiedenste Richtungen. Bringt man einen Sensor an dem zu analysierenden Aggregat an, dessen Kern aus einer beweglichen Masse besteht, so wird diese Masse ebenfalls in der Frequenz der Maschine schwingen und eine Beschleunigung erfahren.



Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Grundlagen 1.7	25.02.2024

Sensor	Messprinzip	relevante Bauteile	relevante physikalische Größen
kapazitiver Beschleunigungssensor	Kapazitätsänderung Wheatstone'sche Brückenschaltung mit Differentialkondensator	Feder-Masse-System Kondensatoren	elektrische Feldstärke Kapazität
Hall-Effekt Beschleunigungssensor	Änderung der Hallspannung	Feder-Masse-System Hall-Sensor	magnetische Flussdichte, Lorentzkraft, elektrische Feldstärke Hallspannung
piezoresistiver Beschleunigungssensor	Widerstandsänderung Wheatstone'sche Brückenschaltung	Feder-Masse-System Dehnungsmessstreifen	elektrischer. Widerstand, spezifischer Widerstand
piezoelektrischer Beschleunigungssensor	Ladungsverschiebung Ladungsverstärkung	Feder-Masse-System piezoelektrisches Element	mechanische Spannung, elektrische Polarisation, Oberflächenladungen, elektrische Feldstärke

1.7.5.1 Piezoresistiver Beschleunigungssensor





Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Grundlagen 1.7	25.02.2024

In der hier gezeigten Anordnung, werden die durch die Beschleunigung entstehenden Kräfte mittels Dehnmessstreifen erfasst und in ein elektrisches Messsignal umgesetzt.

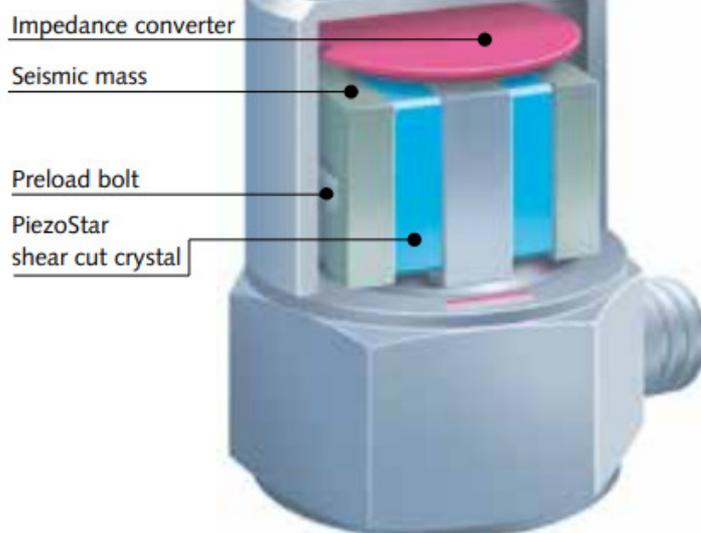
1.7.5.2 Piezoelektrischer Beschleunigungssensor

Neben den zuvor gezeigten Beschleunigungssensoren (piezoresistiver Beschleunigungssensor) gibt es auch Sensoren, die nach dem piezoelektrischen Prinzip arbeiten. Ein piezokeramisches Sensorplättchen wandelt dynamische Druckschwankungen in elektrische Signale um, die entsprechend weiterverarbeitet werden können. Die Druckschwankung wird durch eine an der Piezokeramik befestigte (seismische) Masse erzeugt und wirkt bei einer Beschleunigung des Gesamtsystems auf die Piezokeramik.

Dieses System wird z.B. bei Radauswuchtungsmaschinen verwendet, wo jede Unwucht des Rades ein entsprechendes Signal in der Piezokeramik erzeugt. So werden in kürzester Zeit Unwuchten an den bereiften Felgen erkannt.

PiezoStar IEPE shear accelerometer

KISTLER
measure. analyze. innovate.





Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Grundlagen 1.7	25.02.2024



ASC P101A15

Uniaxial, IEPE
Messbereich: ± 50 bis ± 1000 g
Frequenzbereich ($\pm 10\%$): 0,3 Hz bis 10 kHz
Skalierungsfaktor: 5 mV/g bis 100 mV/g



ASC P101A25

Uniaxial, IEPE
Messbereich: ± 50 bis ± 1000 g
Frequenzbereich ($\pm 10\%$): 0,3 Hz bis 10 kHz
Skalierungsfaktor: 5 mV/g bis 100 mV/g

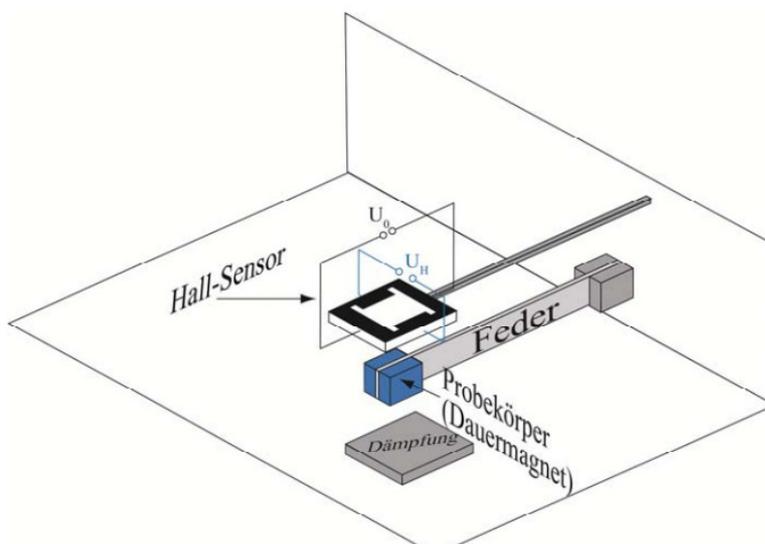


ASC P203A11

Triaxial, IEPE
Messbereich: ± 50 bis ± 2000 g
Frequenzbereich ($\pm 10\%$): 1,0 Hz bis 9 kHz
Skalierungsfaktor: 2,5 mV/g bis 100 mV/g

1.7.5.3 Hall Effekt Beschleunigungssensor

Im Falle des Hall-Effekt-Beschleunigungssensors ist der Probekörper als Dauermagnet realisiert. Über dem Feder-Masse-System ist ein Hall-Sensor samt Auswertelektronik positioniert. Eine Kupferplatte zur Dämpfung befindet sich unterhalb des Feder-Massesystems.



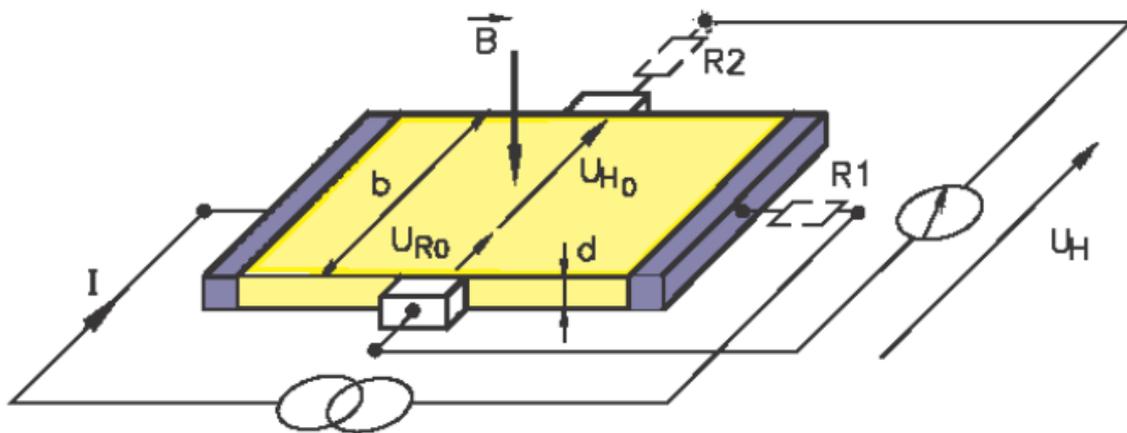


Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Grundlagen 1.7	25.02.2024

Die Auslenkung des Probekörpers (hier Dauermagnet) wird per Hall-Effekt erfasst. Sie verursacht eine Änderung der magnetischen Flussdichte B durch den Hall-Sensor und folglich eine Änderung der erzeugten Hall-Spannung. Für die Hall-Spannung U_H gilt:

$$U_H = R_H \cdot \frac{I \cdot B}{d}$$

Um Beschleunigungen per Hall-Effekt zu ermitteln, muss die sich ändernde magnetische Flussdichte B des ausgelenkten Probekörpers (Dauermagnet) gemessen werden. Dazu müssen also die Werte R_H , d und I bekannt sein.



B -

Magnetfeld

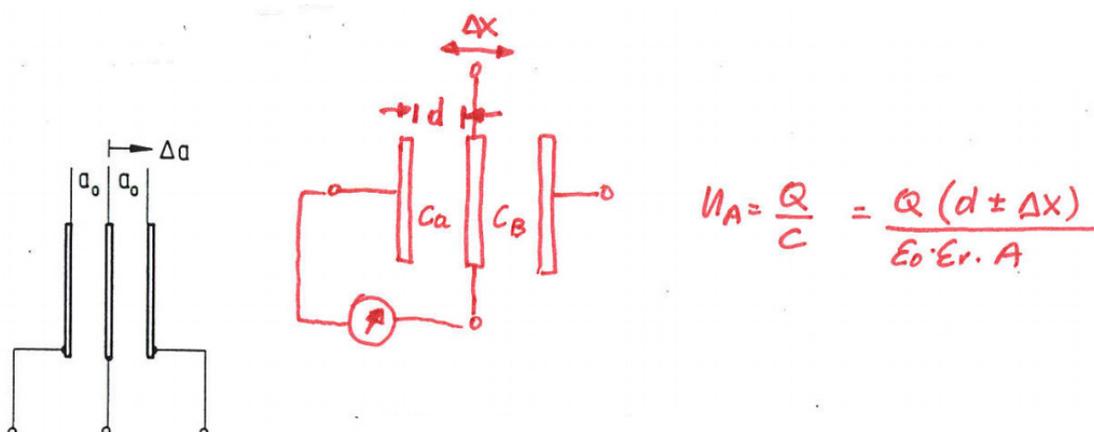
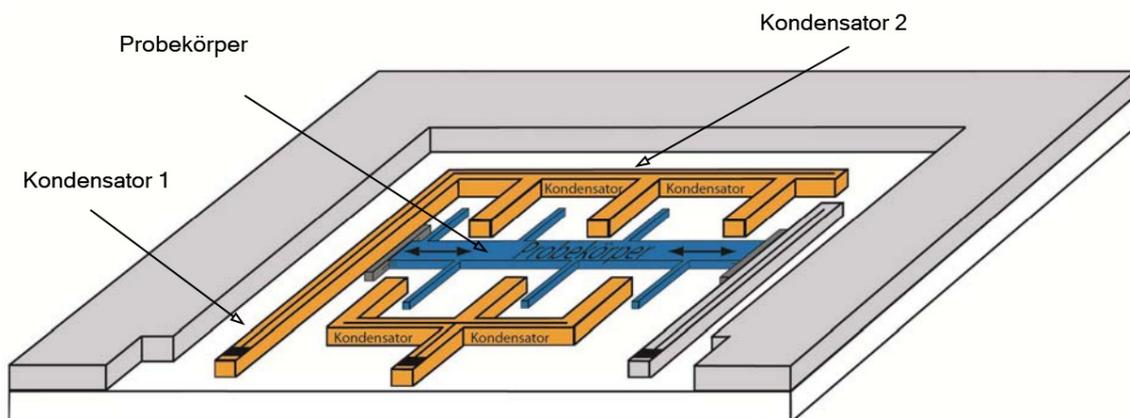
I - Steuerstrom

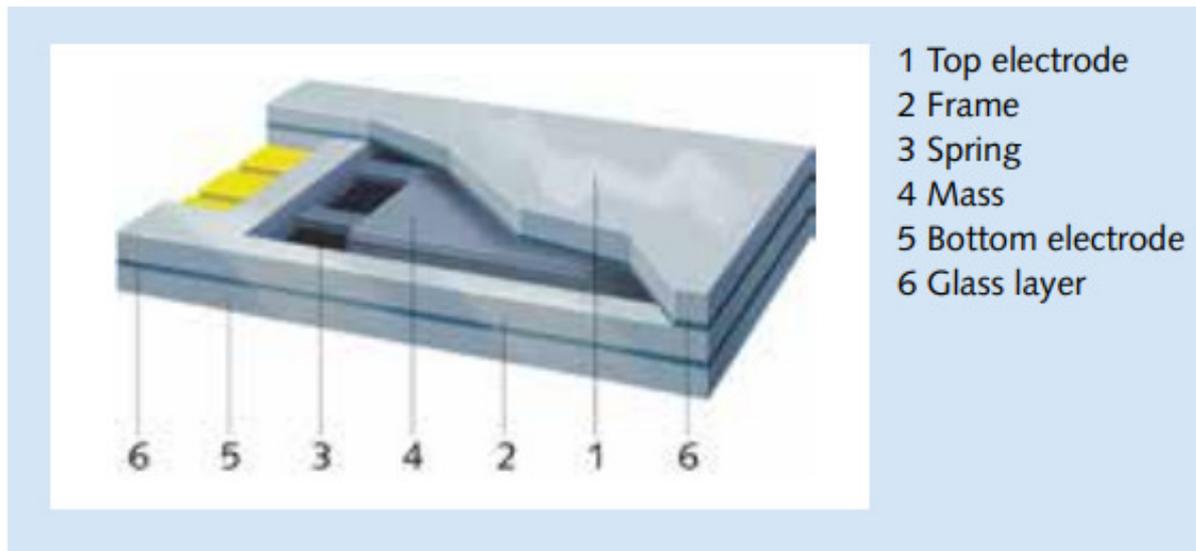
U_H - Hallspannung



1.7.5.4 Kapazitive Beschleunigungssensoren

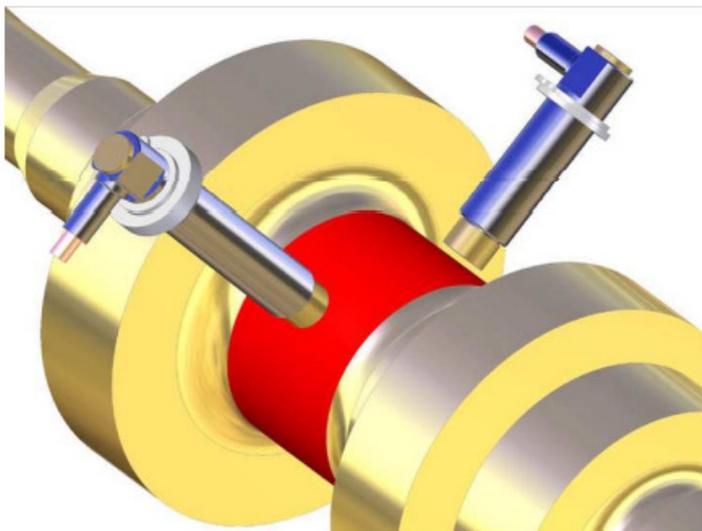
Das Herzstück dieser Sensoren ist ein Differentialkondensator, also eine Konstruktion, die aus zwei feststehenden Kondensatorplatten besteht und einer beweglichen Kondensatorplatte (seismische Masse). Die bewegliche Kondensatorplatte ist der Probekörper, der die zu messende Beschleunigung erfährt. Die Bewegung der Masse verändert dabei die Kapazitäten gegenläufig.





1.7.5.5 Wirbelstromsensoren/ induktive Sensoren

Wirbelstromsensoren (auch induktive Näherungssensoren genannt) nutzen den physikalischen Effekt der Güteveränderung eines Resonanzschwingkreises, dem durch Wirbelstromverluste in leitfähigen Materialien Energie entzogen wird. Der induktive Näherungssensor bildet zusammen mit einem Kondensator einen LC-Schwingkreis, der von einem Oszillator zu hochfrequenten Schwingungen (z.B. 1 MHz) angeregt wird. Durch die elektrischen Schwingungen wird am Kopf des Näherungssensors ein elektromagnetisches Wechselfeld ausgesendet. Wird nun ein elektrisch leitfähiges Objekt in das Feld gebracht, entstehen in dem Objekt Wirbelströme, die dem Feld Energie entziehen und die Schwingung dämpfen. Die Veränderung der Schwingungsamplitude wird von einer speziellen Elektronik (Wirbelstromkonverter) ausgewertet und in ein zum Abstand proportionales Ausgangssignal umgewandelt.



Messbereiche	0,254...7,620 mm
Ausgang	Spannungsausgang
Linearität	bis 50,8 µm
Frequenzbereich	DC bis 10 kHz
Schutzklasse	IP65/IP68
Empfindlichkeit	200 mV oder 50 mV / 25,4 µm (abh. vom Typ)
Betriebstemperatur	-35...+177°C
Sensorkopf	Ryton
Anschlußkabel	1 m Standard Koaxial mit Teflon Isolierung
Gehäuse	Edelstahl



Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Grundlagen 1.7	25.02.2024

1.7.6 Randbedingungen für die Auswahl von Beschleunigungssensoren

Neben dem Dynamikbereich des Sensors, dessen Einheit in „g“ angegeben wird, dem Frequenzgang (Hz), der Empfindlichkeit (mV/g) und der Temperaturempfindlichkeit (mV/ GradC) gibt es noch weitere Punkte bei der Auswahl von solchen Sensoren zu beachten:

- Die Masse des Beschleunigungssensors sollte erheblich geringer sein als die Masse des zu überwachenden Objekts.
- Der Dynamikbereich des Beschleunigungssensors sollte größer sein als die Bandbreite der erwarteten Vibrationsamplituden des Objekts.
- Der Frequenzbereich des Beschleunigungssensors sollte zum erwarteten Vibrationsfrequenzbereich passen.
- Die Empfindlichkeit des Beschleunigungssensors sollte ein zu vorhandenen Messgeräten elektrisch kompatibles Ausgangssignal gewährleisten.
- Verwenden Sie zur Messung großer Vibrationsamplituden einen Beschleunigungssensor mit geringer Empfindlichkeit und umgekehrt einen Beschleunigungssensor mit hoher Empfindlichkeit für die Messung kleiner Vibrationsamplituden.

Brüel & Kjær 
an **HBK** company



Frequency range : 0.3 – 10000 Hz
Temperature : -50 – 121 C
Weight : 41 gram
Sensitivity : 10 mV/ms⁻²
Maximum Operational Level (peak) : 50 g

TYPE 8341

Industrial CCLD Accelerometer, 100 mV/g, Top Connector, Hermetic, Excl. Cable

Designed for in-flight active vibration control on rotor and fixed wing aircraft and industrial applications.